

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-057547

(43)Date of publication of application : 26.02.2003

(51)Int.Cl.

G02B 15/20
G02B 13/18
G03B 17/04
H04N 5/225

(21)Application number : 2001-245987

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 14.08.2001

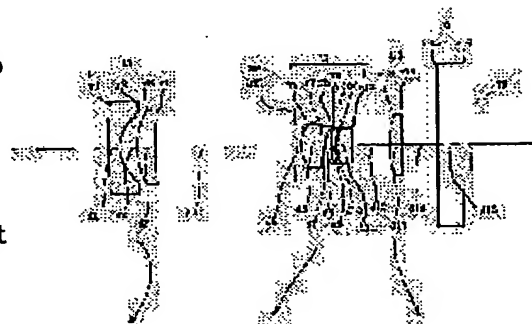
(72)Inventor : SEKIDA MAKOTO

(54) ZOOM LENS AND OPTICAL EQUIPMENT HAVING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a zoom lens consisting of three groups whose entire length is shortened and which is excellent in portability and suitable for an electronic still camera, and optical equipment having the zoom lens.

SOLUTION: This zoom lens is provided with a 1st lens group L1 having negative refractive power, a 2nd lens group L2 having positive refractive power, and a 3rd lens group L3 having positive refractive power in order from an object side, and power is varied by changing space between the respective lens groups. The zoom lens is constituted so that the 1st lens group L1 has one negative lens and one positive lens, the 2nd lens group L2 has a doublet constituted by bonding a positive lens and a negative lens and having positive refractive power as a whole, a negative lens and a positive lens in order from the object side, and the 3rd lens group L3 has one positive lens.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開 2003-57547

(P 2003-57547A)

(43)公開日 平成15年2月26日(2003.2.26)

(51)Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)	
G 0 2 B	15/20	G 0 2 B	15/20	2H087
	13/18		13/18	2H101
G 0 3 B	17/04	G 0 3 B	17/04	5C022
H 0 4 N	5/225	H 0 4 N	5/225	D

審査請求 未請求 請求項の数 17

O L

(全 18 頁)

(21)出願番号 特願2001-245987(P2001-245987)

(22)出願日 平成13年8月14日(2001.8.14)

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 関田 誠

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャノ
ン株式会社内

(74)代理人 100086818

弁理士 高梨 幸雄

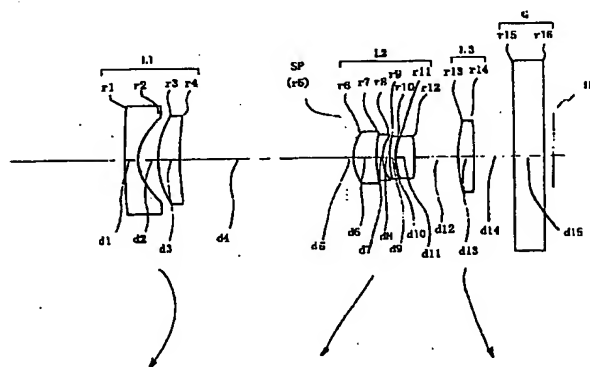
最終頁に続く

(54)【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する光学機器

(57)【要約】

【課題】 レンズ全長の短縮化を図った携帯性に優れた電子ステルカメラに好適な3群よりなるズームレンズ及びそれを有する光学機器を得ること。

【解決手段】 物体側より順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、そして正の屈折力の第3レンズ群L3を有し、各レンズ群の間隔を変化させて変倍を行うズームレンズにおいて、第1レンズ群L2は1枚の負レンズと1枚の正レンズを有し、第2レンズ群L2は、物体側より順に、正レンズと負レンズを接合した全体として正の屈折力の接合レンズ、負レンズ、正レンズを有し、第3レンズ群L3は1枚の正レンズを有するように構成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、そして正の屈折力の第3レンズ群を有し、各レンズ群の間隔を変化させて変倍を行うズームレンズにおいて、該第1レンズ群は負レンズと正レンズを有し、該第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズと負レンズを接合した全体として正の屈折力の接合レンズ、負レンズ、正レンズを有し、該第3レンズ群は正レンズを有する事を特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 前記第1レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、正レンズより成る事を特徴とする請求項1のズームレンズ。

【請求項3】 前記第1レンズ群中の負レンズの材質の屈折率を $nd11$ 、アッペ数を $\nu d11$ とすると、
 $nd11 > 1.70$
 $\nu d11 > 35.0$

なる条件を満足する事を特徴とする請求項2のズームレンズ。

【請求項4】 前記第2レンズ群中の最も物体側に配置した正レンズの材質の屈折率を $nd21$ 、アッペ数を $\nu d21$ とすると、
 $nd21 > 1.70$
 $\nu d21 > 35.0$

なる条件を満足する事を特徴とする請求項1、2又は3のズームレンズ。

【請求項5】 前記第2レンズ群の接合レンズは、物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズより成り、該正レンズの物体側のレンズ面は非球面であり、該正レンズの物体側のレンズ面の近軸曲率半径を $R21$ 、該負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を $R23$ とすると、
 $-0.1 < (R21 - R23) / (R21 + R23) < 0.1$

なる条件を満足する事を特徴とする請求項1～4のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項6】 前記第2レンズ群は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズを接合した接合レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、両レンズ面が凸面の正レンズより成る事を特徴とする請求項1～5のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項7】 前記第3レンズ群は、単一の正レンズより成る事を特徴とする請求項1～6のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項8】 広角端から望遠端への変倍に際し、前記第1レンズ群は像側に凸状の一部の軌跡で移動し、前記第2レンズ群は物体側に単調に移動し、前記第3レンズ群は物体側へ移動した後像側に移動する事を特徴とする請求項1～7のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項9】 広角端から望遠端への変倍に際して、広角端を基準にしたときの前記第1レンズ群の像面方向への最大移動量を $X1$ 、広角端を基準にしたときの前記第3レンズ群の望遠端への移動量を $X3$ とすると、
 $0.1 < |X1/X3| < 7.0$

なる条件を満足する事を特徴とする請求項1～8のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項10】 望遠端において、前記第1レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から像面までの距離を DL 、前記第1レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から該第1レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離を $DL1$ 、前記第2レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から該第2レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離を $DL2$ 、前記第3レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から該第3レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離を $DL3$ とすると、

$0.25 < (DL1 + DL2 + DL3) / DL < 0.5$
 なる条件を満足する事を特徴とする請求項1～9のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項11】 前記第2レンズ群を構成する各レンズの光軸上の厚みの合計を $\Sigma D2$ 、該第2レンズ群中の各レンズ間の空気間隔の合計を $\Sigma A2$ とすると、
 $0.05 < \Sigma A2 / \Sigma D2 < 0.3$

なる条件を満足する事を特徴とする請求項1～10のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項12】 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は各々非球面を有する事を特徴とする請求項1～11のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項13】 前記第3レンズ群を構成する正レンズは非球面を有する事を特徴とする請求項1～12のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項14】 前記第3群を物体側に移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行う事を特徴とする請求項1～13のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項15】 前記第1レンズ群は、2つの負レンズと1つの正レンズから成る事を特徴とする請求項1又は3から14のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項16】 撮像素子上に像を形成するための光学系である事を特徴とする請求項1から15のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項17】 請求項1から16のいずれか1項のズームレンズと、該ズームレンズによって形成された像を受光する撮像素子を有していることを特徴とするカメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はステルカメラやビデオ

オカメラ、そしてデジタルスチルカメラ等に好適なズームレンズ及びそれを有する光学機器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】最近、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等、撮像装置（カメラ）の高機能化にともない、それに用いる光学系には広い画角を包含した大口径比のズームレンズが求められている。この種のカメラには、レンズ最後部と撮像素子との間に、ローパスフィルターや色補正フィルターなどの各種光学部材を配置する為、それに用いる光学系には、比較的バックフォーカスの長いレンズ系が要求される。さらに、カラー画像用の撮像素子を用いたカラーカメラの場合、色シェーディングを避けるため、それに用いる光学系には像側のテレセントリック特性の良いものが望まれている。

【0003】従来より、負の屈折力の第1群と正の屈折力の第2群の2つのレンズ群より成り、双方のレンズ間隔を変えて変倍を行う、所謂ショートズームタイプの広角の2群ズームレンズが種々提案されている。これらのショートズームタイプの光学系では、正の屈折力の第2群を移動する事で変倍を行い、負の屈折力の第1群を移動する事で変倍に伴う像点位置の補正を行っている。これらの2つのレンズ群よりなるレンズ構成においては、ズーム倍率は2倍程度である。

【0004】さらに2倍以上の高い変倍比を有しつつレンズ全体をコンパクトな形状にまとめるため、例えば特公平7-3507号公報や、特公平6-40170号公報等には2群ズームレンズの像側に負または正の屈折力の第3群を配置し、高倍化に伴って発生する諸収差の補正を行っている、所謂3群ズームレンズが提案されている。

【0005】しかしながら、これらの3群ズームレンズは主として35mmフィルム写真用のカメラに設計されているため、固体撮像素子を用いた光学系に求められるバックフォーカスの長さ、良好なテレセントリック特性を両立したものとは言い難かった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】バックフォーカスとテレセントリック特性を満足する広画角の3群ズームレンズ系が、例えば、特開昭63-135913号公報や、特開平7-261083号公報等で提案されている。また、特開平3-288113号公報には、3群ズームレンズにおいて負の屈折力の第1群を固定とし、正の屈折力の第2群と正の屈折力の第3群を移動させて変倍を行う光学系も開示されている。

【0007】ところが、これらの従来例においては、各レンズ群の構成枚数が比較的多く、レンズ全長が長くなる傾向があった。

【0008】さらに近年、カメラのコンパクト化とズー

ムレンズの高変倍化を両立する為に、非撮影時に各レンズ群の間隔を撮影状態と異なる間隔まで縮小し、カメラ本体（カメラ前面）からのレンズ系の突出量を少なくした所謂沈胴ズームレンズが広く用いられているが、上記従来例の様に各レンズ群の構成レンズ枚数が多く、結果的に各レンズ群の光軸上の長さが長くなる場合や、各レンズ群のズーミング及びフォーカシングにおける移動量が大きく、レンズ全長が長くなる場合においては、所望の沈胴長が達成出来ない場合がある。

【0009】また、特開平7-261083号公報に記載される例では、負の屈折力の第1群の最も物体側に凸レンズ（正レンズ）が配置されており、特に広画角化した場合、レンズ外径が増大する傾向があった。さらに、この例では負の屈折力の第1群を移動させて近距離物体へのフォーカシングを行うため、ズーミングでの移動とあいまってメカ構造が複雑化する傾向があった。

【0010】また、米国特許第4999007号には、3群ズームレンズにおいて、第1レンズ群、第2レンズ群をそれぞれ1枚の単レンズで構成したものが開示されている。

【0011】ところが、広角端でのレンズ全長が比較的大きく、さらに広角端での第1群と絞りが大きく離れているため軸外光線の入射高が大きく第1群を構成するレンズの径が増大してしまうため、レンズ系全体が大きくなっていく傾向があった。

【0012】この他、広画角のズームレンズに対する広角端での画角を大きくした場合の特有な問題として、歪曲収差の補正不足の問題がある。また、比較的低感度の低い高画素の撮像素子で用いるためには更なる大口径比化が求められる。

【0013】本発明は構成レンズ枚数の少ない、コンパクトで、優れた光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する光学機器の提供を目的とする。

【0014】この他本発明は、固体撮像素子を用いた撮影系に好適な、構成レンズ枚数の少ない、コンパクト、高変倍比で、優れた光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する光学機器の提供を目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明のズームレンズは物体側より順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、そして正の屈折力の第3レンズ群を有し、各レンズ群の間隔を変化させて変倍を行うズームレンズにおいて、該第1レンズ群は負レンズと正レンズを有し、該第2レンズ群は物体側より順に、正レンズと負レンズを接合した全体として正の屈折力の接合レンズと負レンズと正レンズを有し、該第3レンズ群は1枚の正レンズを有する事を特徴としている。

【0016】請求項2の発明は請求項1の発明において前記第1レンズ群は、物体側より順に、負レンズと正レンズより成る事を特徴としている。

【0017】請求項3の発明は請求項2の発明において前記第1レンズ群中の負レンズの材質の屈折率を $nd1$ 、アッペ数を $\nu d1$ とすると、

$$nd1 > 1.70$$

$$\nu d1 > 35.0$$

なる条件を満足する事の特徴としている。

【0018】請求項4の発明は請求項1、2又は3の発明において前記第2レンズ群中の最も物体側に配置した正レンズの材質の屈折率を $nd2$ 、アッペ数を $\nu d2$ とすると、

$$nd2 > 1.70$$

$$\nu d2 > 35.0$$

なる条件を満足する事の特徴としている。

【0019】請求項5の発明は請求項1～4のいずれか1項の発明において前記第2レンズ群の接合レンズは、物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズより成り、該正レンズの物体側のレンズ面は非球面であり、該正レンズの物体側のレンズ面の近軸曲率半径を $R21$ 、該負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を $R23$ とすると、

$$-0.1 < (R21 - R23) / (R21 + R23) < 0.1$$

なる条件を満足する事の特徴としている。

【0020】請求項6の発明は請求項1～5のいずれか1項の発明において前記第2レンズ群は物体側より順に、物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズを接合した接合レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、両レンズ面が凸面の正レンズより成る事の特徴としている。

【0021】請求項7の発明は請求項1～6のいずれか1項の発明において前記第3レンズ群は単一の正レンズより成る事の特徴としている。

【0022】請求項8の発明は請求項1～7のいずれか1項の発明において広角端から望遠端への変倍動作に際して、前記第1レンズ群は像側に凸状の一部の軌跡で移動し、前記第2レンズ群は物体側に単調に移動し、前記第3レンズ群は物体側へ移動した後像側に移動する事の特徴としている。

【0023】請求項9の発明は請求項1～8のいずれか1項の発明において広角端から望遠端への変倍に際して、広角端を基準にしたときの前記第3レンズ群の望遠端への移動量を $X3$ とすると、

$$0.1 < |X1/X3| < 7.0$$

なる条件を満足する事の特徴としている。

【0024】請求項10の発明は請求項1～9のいずれか1項の発明において望遠端において、前記第1レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から像面までの距離を DL 、前記第1レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第1レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離を D

$L1$ 、前記第2レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第2レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離を $DL2$ 、前記第3レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第3レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離を $DL3$ とすると、

$$0.25 < (DL1 + DL2 + DL3) / DL < 0.5$$

なる条件を満足する事の特徴としている。

【0025】請求項11の発明は請求項1～10のいずれか1項の発明において前記第2レンズ群を構成する各レンズの光軸上の厚みの合計を $\Sigma D2$ 、該第2レンズ群中の各レンズ間の空気間隔の合計を $\Sigma A2$ とすると、

$$0.05 < \Sigma A2 / \Sigma D2 < 0.3$$

なる条件を満足する事の特徴としている。

【0026】請求項12の発明は請求項1～11のいずれか1項の発明において前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は各々非球面を有する事の特徴としている。

【0027】請求項13の発明は請求項1～12のいずれか1項の発明において前記第3レンズ群を構成する正レンズは非球面を有する事の特徴としている。

【0028】請求項14の発明は請求項1～13のいずれか1項の発明において前記第3群を物体側に移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行う事の特徴としている。

【0029】請求項15の発明は請求項1又は3から14のいずれか1項の発明において前記第1レンズ群は、2つの負レンズと1つの正レンズから成る事の特徴とするズームレンズ。

【0030】請求項16の発明は請求項1から15の発明において撮像素子上に像を形成するための光学系である事の特徴としている。

【0031】請求項17の発明のカメラは、請求項1から16のいずれか1項のズームレンズと、該ズームレンズによって形成された像を受光する撮像素子を有していることを特徴としている。

【0032】

【発明の実施の形態】図1は本発明の後述する実施形態1のズームレンズの広角端のレンズ断面図である。図2～図4は本発明の実施形態1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端の収差図である。

【0033】図5は本発明の後述する実施形態2のズームレンズの広角端のレンズ断面図である。図6～図8は本発明の実施形態2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端の収差図である。

【0034】図9は本発明の後述する実施形態3のズームレンズのレンズ断面図である。図10～図12は本発明の実施形態3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端の収差図である。

【0035】レンズ断面図において $L1$ は負の屈折力の第1レンズ群、 $L2$ は正の屈折力の第2レンズ群、 $L3$

は正の屈折力の第3レンズ群、SPは開口絞り、IPは像面である。Gはフィルターや色分解プリズム等に相当するガラスブロックである。

【0036】各実施形態のズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、そして正の屈折力の第3レンズ群L3の3つのレンズ群を有しており、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群が像側に凸状の軌跡の一部を移動、第2レンズ群が物体側に移動し、第3レンズ群は一旦物体側に移動した後像側に移動している。 10

【0037】各実施形態のズームレンズでは、第2レンズ群L2の移動により主な変倍を行い、第1レンズ群L1の略往復移動及び第3レンズ群の一旦物体側へ移動した後の像側方向への凸状の移動によって変倍に伴う像点の移動を補正している。

【0038】第3レンズ群L3は、撮像素子の小型化に伴う撮影レンズの屈折力の増大を分担し、第1、第2レンズ群L1、L2で構成されるショートズーム系の屈折力を減らす事で特に第1レンズ群L1を構成するレンズでの収差の発生を抑え良好な光学性能を達成する為に用いている。また、特に固体撮像素子等を用いた撮影装置に必要な像側のテレセントリックな結像を第3レンズ群L3にフィールドレンズの役割を持たせる事で達成している。 20

【0039】また、絞りSPを第2レンズ群L2の最も物体側に置き、広角側での入射瞳と第1レンズ群L1との距離を縮める事で第1レンズ群L1を構成するレンズの外径の増大を抑え、第2レンズ群L2の物体側に配置した絞りを挟んで第1レンズ群L1と第3レンズ群L3とで軸外の諸収差を打ち消す事で構成レンズ枚数を増やさずに良好な光学性能を得ている。 30

【0040】各実施形態のズームレンズは、第1レンズ群L1が少なくとも1枚の負レンズと1枚の正レンズを有し、第2レンズ群L2が、物体側より順に、正レンズと負レンズを接合した全体として正の屈折力の接合レンズ、負レンズ、そして正レンズを有し、第3レンズ群が少なくとも1枚の正レンズを有している。

【0041】次に各実施形態の具体的なレンズ構成について説明する。

【0042】図1、図5の実施形態1、2のズームレンズは、負の屈折力の第1レンズ群L1を、物体側から順に、像側に凹面を向けたメニスカス状の負レンズ11、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ12の2枚のレンズで構成している。そして、正の屈折力の第2レンズ群L2を、物体側から順に、像側に凹面を向けたメニスカス状の正レンズ21、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ22、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ23、両レンズ面が凸面の正レンズ24の4枚のレンズで構成し、正レンズ21と負レンズ22とを接合レンズとしている。又、正の屈折力の第3 40

レンズ群L3を両レンズ面が凸面の正レンズ31で構成している。

【0043】図9の実施形態3のズームレンズは、負の屈折力の第1レンズ群L1を、物体側から順に、像側に凹面を向けたメニスカス状の負レンズ11、同じく像側に凹面を向けたメニスカス状の負レンズ12、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ13の3枚のレンズで構成している。そして正の屈折力の第2レンズ群L2を、物体側から順に、像側に凹面を向けたメニスカス状の正レンズ21、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ22、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ23、両レンズ面が凸面の正レンズ24の4枚のレンズで構成し、正レンズ21と負レンズ22とを接合レンズとしている。又、正の屈折力の第3レンズ群L3を両レンズ面が凸面の正レンズ31で構成している。

【0044】以上のように、各実施形態のズームレンズにおいては、各レンズ群を所望の屈折力配置と収差補正とを両立するレンズ構成とする事により、良好な性能を保ちつつ、レンズ系全体のコンパクト化を達成している。

【0045】次に各実施形態全体にわたる一般的な特徴について説明する。

【0046】第1レンズ群L1は、軸外主光線を絞り中心に瞳結像させる役割を持っており、特に広角側においては軸外主光線の屈折量が大きいために軸外諸収差、特に非点収差と歪曲収差が発生し易い。

【0047】各実施形態のうち実施形態1、2では通常の広角レンズと同様、最も物体側のレンズ径の増大が抑えられる負レンズと正レンズの構成としている。

【0048】そして必要に応じてメニスカス状の負レンズ11の像側のレンズ面をレンズ周辺で負の屈折力が弱くなる形状の非球面とする事により、非点収差と歪曲収差をバランス良く補正すると共に、2枚と言う少ないレンズ枚数で第1レンズ群を構成し、レンズ全体のコンパクト化に寄与している。

【0049】また第1レンズ群L1を構成する各レンズは、軸外主光線の屈折によって生じる軸外収差の発生を抑えるために絞りと光軸が交差する点を中心とする同心球面に近い形状をとっている。

【0050】次に第2レンズ群L2は、そのレンズ群中の最も物体側に物体側に、像面側に比べて強い凸面を向けた正レンズ21を配置し、第1レンズ群を射出した軸外主光線の屈折角を少なくし、軸外諸収差の発生が少ないレンズ形状としている。

【0051】また、正レンズ21は、最も軸上光線の通る高さが高いレンズであり、主に球面収差、コマ収差の補正に関与しているレンズである。

【0052】又、各実施形態においては、正レンズ21の物体側のレンズ面をレンズ周辺で正の屈折力が弱くな 50

る形状の非球面とするのが良い。これによれば、球面収差、コマ収差を良好に補正するのが容易となる。

【0053】次に、正レンズ21の像面側に配置された負レンズ22には像側に凹面をもたせ、それに続く像側の負レンズ23の物体側のレンズ面を凸面とにより負の空気レンズを形成し、大口径比化に伴って発生する球面収差の補正を行っている。

【0054】さらに各実施形態においては、CCD等の固体撮像素子の高画素化及びセルピッチの微細化に伴って要求される、色収差量の縮小化に対応する為に、第2

10 レンズ群の物体側に接合レンズを配置する事により、軸上色収差及び倍率色収差を良好に補正している。

【0055】また、正レンズ21と負レンズ22を接合した全体として正の屈折力を有する接合レンズと、負レンズ23と、正レンズ24の4つのレンズより構成している。この構成による利点は、所謂トリプレットタイプにおける負レンズ成分の屈折力を2成分に分離し、トリプレットタイプの様な単一の負レンズ成分による収差補正方法に対して収差補正上の自由度を増やす事で、負

20 レンズ成分のガラス厚を増大させる事により補正していた軸外フレアの補正や、負レンズ成分の前後に設けた2つの負の空気レンズによる球面収差補正を行う必要がなくなり、トリプレットタイプに比較して第2レンズ群L2の光軸上の厚みを小さくする事が可能となり、光学全長の短縮及び沈胴時のレンズ全長短縮に寄与している。

【0056】次に第3レンズ群L3は、物体側に凸面を設けた形状の正レンズ31より構成し、像側テレセントリックにするためのフィールドレンズとしての役割をも有している。各実施形態のうち実施形態2〜3では正

30 レンズ31の物体側のレンズ面にレンズ周辺で正の屈折力が弱くなる形状の非球面を設けており、ズーム全域での軸外諸収差の補正に寄与している。

【0057】いま、バックフォーカスを s_k' 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 、第3レンズ群の結像倍率を β_3 とすると、

$$s_k' = f_3 (1 - \beta_3)$$

の関係が成り立っている。

【0058】但し、

$$0 < \beta_3 < 1.0$$

である。

【0059】ここで、広角端から望遠端への変倍に際して第3レンズ群L3を像側に移動するとバックフォーカス s_k' が減少する事になり、第3レンズ群L3の結像倍率 β_3 は望遠側で増大する。

【0060】すると、結果的に第3レンズ群L3で変倍を分担できて第2レンズ群L2の移動量が減少し、そのためのスペースが節約できるためにレンズ系の小型化に寄与する。

【0061】各実施形態のズームレンズを用いて無限遠物体から近距離物体への撮影をする場合には、第1レン

ズ群L1を物体側へ移動する事で良好な性能を得られるが、さらに望ましくは、第3レンズ群L3を物体側に移動させるようにしても良い。

【0062】これは、最も物体側に配置した第1レンズ群L1をフォーカシングさせた場合に生じる、前玉径の増大、レンズ重量が最も重い第1レンズ群L1を移動させる事によるアクチュエーターの負荷の増大を防ぎ、さらに第1レンズ群L1と第2レンズ群L2とをカム等で単純に連携してズーミング時に移動させる事が可能となり、メカ構造の簡素化及び精度向上を達成できるためである。

【0063】また、第3レンズ群L3にてフォーカシングを行う場合、広角端から望遠端への変倍に際して第3レンズ群L3を像側に移動する事により、フォーカシング移動量の大きい望遠端を像面側に配置する事が出来る為、ズーミング及びフォーカシングで必要となる第3レンズ群L3の全ての移動量を最小とする事が可能となり、レンズ系のコンパクト化を達成している。

【0064】尚、各実施形態のズームレンズは、良好なる光学性能を得るため、又レンズ系全体の小型化を図るために次に示す諸条件を満足している。本発明のズームレンズにおいて、これらの諸条件の少なくとも1つを満足することにより、それぞれの条件式を満足することによる光学性能の向上、又はレンズ系全体の小型化といった効果が得られる。

【0065】(ア-1) 第2レンズ群L2中の最も物体側に配置した正レンズ21の材質の屈折率及びアッペ数を各々 n_{d21} 、 ν_{d21} とすると、以下の条件を満足することである。

$$30 \quad n_{d21} > 1.70 \quad \dots\dots (1)$$

$$\nu_{d21} > 35.0 \quad \dots\dots (2)$$

条件式(1)の下限値を超えるとベッツバル和が負の方向に増大し像面湾曲補正が困難となる。

【0067】また条件式(2)の下限値を超えると望遠端での軸上色収差補正が困難となり好ましくない。

【0068】条件式(1)、(2)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$40 \quad n_{d21} > 1.72 \quad \dots\dots (1a)$$

$$\nu_{d21} > 38 \quad \dots\dots (2a)$$

(ア-2) 光学系の全長の短縮及び沈胴時のレンズ全長短縮の為に、以下の条件を満足させるのが良い。

【0070】

$$0.1 < |X1/X3| < 7.0 \quad \dots\dots (3)$$

ここで、X1は、広角端から望遠端への変倍に際して、第1レンズ群L1の広角端を基準としたときの像面方向への最大移動量、(ここで像面側への移動を正符号、物体側を負符号とする。以下同様。) X3は、無限遠物体に合焦時において、第3レンズ群L3の広角端を基準としたときの望遠端への移動量である。

【0071】条件式(3)の上限値を超えると、第3レ

レンズ群L3の光軸上の移動量が増大し、第3レンズ群L3を移動させる為のモーターシャフト長が長く必要となり、沈胴全長を短くする事が難しくなり好ましくない。

【0072】条件式(3)の下限値を超えると、変倍に伴う第1レンズ群L1の像側にに向けた凸の軌跡の移動条件がきつくなり、第1レンズ群L1の広角端から望遠端に至るカム軌跡の角度が大きくなる為、これも沈胴全長を長くする要因となる為好ましくない。 *

$$0.25 < (DL1 + DL2 + DL3) / DL < 0.5 \quad \dots (4)$$

ここで、DLは望遠端における第1レンズ群L1の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から像面までの距離(最終レンズ面から像面までの間にフィルター等の平行平板があるときは、それを空気換算長とした長さ)、DL1は第1レンズ群L1の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、第1レンズ群L1の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離、DL2は第2レンズ群L2の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、第2レンズ群L2の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離、DL3は第3レンズ群L3の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、第3レンズ群L3の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離である。 ※

$$0.28 < (DL1 + DL2 + DL3) / DL < 0.48 \quad \dots (4a)$$

(ア-4) 第2レンズ群を構成するレンズの光軸上の厚みの合計をD2、第2レンズ群中の各レンズ間の空気間隔の合計をA2とすると、

$$0.05 < A2 / D2 < 0.3 \quad \dots (5)$$

なる条件を満足する事が良い。これによれば、コンパクト化と良好な結像性能の達成を両立できる。

【0080】条件式(5)の上限値を超えると、第2レンズ群の光軸上の長さが長くなりコンパクト化が達成困難となり好ましくない。

【0081】条件式(5)の下限値を超えると、空気レンズのパワーが小さくなり球面収差補正が困難となり好ましくない。

【0082】条件式(5)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0083】

$$0.1 < A2 / D2 < 0.2 \quad \dots (5a)$$

(ア-5) 第1レンズ群を2枚のレンズ構成とした際、第1レンズ群L1中の負レンズの材質の屈折率をn★

$$-0.1 < (R21 - R23) / (R21 + R23) < 0.1$$

ここで、R21は正レンズ21の物体側のレンズ面の近軸曲率半径、R23は負レンズ22の像側のレンズ面の曲率半径である。

【0089】条件式(8)の上限値を超えると第2レンズ群L2のベッツバール和が負の方向に増大し、像面湾曲補正が困難となる。 ☆

$$-0.08 < (R21 - R23) / (R21 + R23) < 0.09$$

*【0073】条件式(3)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0074】

$$0.15 < |X1 / X3| < 5 \quad \dots (3a)$$

(ア-3) 光学系の全長の短縮及び沈胴時のレンズ全長短縮の為には以下の条件を満足するのが良い。

【0075】

10※【0076】条件式(4)の上限値を超えると、望遠端での光学全長は短くなるが各レンズ群の光軸上の長さの合計が大きくなる為、沈胴全長が長くなり好ましくない。

【0077】条件式(4)の下限値を超えると、各レンズ群の光軸上の長さの合計が小さくなるが、望遠端での光学全長が長く、必然的に各レンズ群の光軸上の移動量が増大する為、各レンズ群を移動させる為のカム環等の長さが長くなり、結果的に沈胴全長が短くならず好ましくない。

20【0078】条件式(4)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0079】

★d11、アッペ数をνd11とした時に、以下の条件を満足するのが好ましい。

$$【0084】nd11 > 1.70 \quad \dots (6)$$

$$\nu d11 > 35.0 \quad \dots (7)$$

条件式(6)の上限値を超えると、第1レンズ群L1のベッツバール和が正の方向に増大し、像面湾曲補正が困難となる。

【0085】また、条件式(7)の上限値を超えると、特に広角端での倍率色収差補正が困難となり好ましくない。

【0086】条件式(6)、(7)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

$$【0087】nd11 > 1.75 \quad \dots (6a)$$

$$\nu d11 > 38 \quad \dots (7a)$$

(ア-6) 第2レンズ群L2の最も物体側に配置した接合レンズを以下の条件を満足する形状とするのが良い。

40【0088】

$$\dots (8)$$

☆【0090】条件式(8)の下限値を超えると、球面収差・コマ収差の補正困難となり好ましくない。

【0091】条件式(8)は更に好ましくは次の如く設定するのが良い。

【0092】

次に、本発明の各実施形態の数値実施例を示す。各数値実施例において、 i は物体側からの面の順序を示し、 r_i はレンズ面の曲率半径、 d_i は第 i 面と第 $i+1$ 面との間のレンズ肉厚および空気間隔、 n_i 、 ν_i はそれぞれ d 線に対する屈折率、アッペ数を示す。

【0093】また、最も像側の2面はフェースプレート等に相当する平行平板である。 f は焦点距離、 fno はFナンバー、 ω は半面角である。また、 k は離心率、 B 、 C 、 D 、 E 、 F は非球面係数である。非球面形状は10
光軸からの高さ h の位置での光軸方向の変位を面頂点を*

数値実施例1

 $f=5.51\sim 16.16$ $fno=2.8\sim 4.8$ $2\omega=61.4^\circ\sim 23.0^\circ$

$r_1=70.514$	$d_1=1.80$	$n_1=1.80510$	$\nu_1=40.7$
$r_2=3.095$	$d_2=2.10$	$n_2=1.84555$	$\nu_2=23.9$
$r_3=90.625$	$d_3=可変$		
$r_4=2.720$	$d_4=0.70$	$n_3=1.74530$	$\nu_3=48.9$
$r_5=14.237$	$d_5=0.20$	$n_4=1.84769$	$\nu_4=33.8$
$r_6=10.625$	$d_6=0.60$	$n_5=1.84555$	$\nu_5=23.9$
$r_7=5.844$	$d_7=0.10$	$n_6=1.80311$	$\nu_6=60.6$
$r_8=6.195$	$d_8=可変$	$n_7=1.48749$	$\nu_7=70.2$
$r_9=16.035$	$d_9=可変$	$n_8=1.51633$	$\nu_8=64.1$
$r_{10}=-83.823$	$d_{10}=2.90$		
$r_{11}=\infty$			
$r_{12}=\infty$			

空気間隔	5.51	10.72	16.16
d_4	16.05	5.57	2.10
d_{12}	4.88	11.15	16.68
d_{14}	3.88	8.62	2.87

非球面係数

面番号	R	K	B	C	D	E	F
2	4.74402D+00	-1.58183D+00	9.67180D-04	-1.06188D-05	7.84105D-07	-4.61762D-08	9.52816D-10
6	4.72006D+00	-1.21566D-01	-2.97788D-04	-7.25205D-06	-3.27488D-07	-9.85827D-09	

【0096】数値実施例1は変倍比2.9倍、開口比2.8~4.8程度のズームレンズである。

*基準にして x とするとき

$$x = (h^2/R) / [1 + \{1 - (1+k)(h/R)^2\}^{1/2}] + Bh^4 + Ch^6 + Dh^8 + Eh^{10} + Fh^{12}$$

で表される。但し R は曲率半径である。「 $D-X$ 」は「 10^{-X} 」を意味している。

【0094】又、前述の各条件式と各数値実施例との関係を表1に示す。

【0095】

【外1】

【0097】

【外2】

数値実施例2

f=5.15~10.30 fno=2.8~4.0 2 ω =65.0~35.2

r1=	58.631	d1=	1.29	n1=	1.80610	v1=	40.7
r2=	8.156	d2=	0.39	n2=	1.84566	v2=	23.9
r3=	0.771	d3=	0.00				
r4=	20.693	d4=	0.70	n3=	1.73077	v3=	40.5
r5=	0.771	d5=	0.70	n4=	1.68895	v4=	30.1
r6=	17.824	d6=	0.60				
r7=	1.423	d7=	0.60	n5=	1.84866	v5=	23.9
r8=	11.284	d8=	0.15	n6=	1.69680	v6=	55.5
r9=	2.489	d9=	1.80				
r10=	2.489	d10=	0.50	n7=	1.48749	v7=	70.2
r11=	-1.020	d11=	0.50				
r12=	-1.020	d12=	2.90	n8=	1.51633	v8=	64.1
r13=	-0.288						
r14=	0.000						
r15=	0.000						
r16=	0.000						

面番号	5.15	7.62	10.30
d4	0.15	4.29	2.05
d12	0.42	2.28	1.01
d14	2.68	2.43	2.06

非球面係数

面番号	R	K	B	C	D	E	F
2	3.55508D+00	-1.13315D+00	9.51511D-04	1.78895D-05	-3.01470D-06	2.28433D-07	-6.60179D-09
6	4.14433D+00	-1.84503D+00	1.55386D-03	1.97173D-05	2.19404D-07		
13	1.26858D+01	0.00000D+00	-1.46048D-04	1.16520D-05	-5.68897D-07	-1.17389D-09	

【0098】数値実施例2は変倍比2倍、開口比2.8 20 軌跡で往復移動、第2レンズ群は物体側に移動、第3レンズ群は像側に移動している。

【0099】本実施形態においては、広角端から望遠端へのズームングに際して、第1レンズ群は像側に凸状の

【0100】

【外3】

数値実施例3

 $f = 5.15 \sim 10.30$ $f_{no} = 2.8 \sim 4.0$ $2\omega = 65.0^\circ \sim 35.2^\circ$

$r_1 = 37.101$	$d_1 = 1.20$	$n_1 = 1.58319$	$v_1 = 59.4$
$r_2 = 3.624$	$d_2 = 1.00$	$n_2 = 1.51823$	$v_2 = 58.9$
$r_3 = 16.870$	$d_3 = 1.40$	$n_3 = 1.94666$	$v_3 = 23.8$
$r_4 = 9.483$	$d_4 = 2.00$		
$r_5 = 15.680$	$d_5 = 可変$		
$r_6 = 3.624$	$d_6 = 1.00$	$n_4 = 1.73077$	$v_4 = 40.5$
$r_7 = 17.136$	$d_7 = 1.60$	$n_5 = 1.68865$	$v_5 = 30.1$
$r_8 = 10.420$	$d_8 = 0.60$	$n_6 = 1.84666$	$v_6 = 23.8$
$r_9 = 10.420$	$d_9 = 0.60$		
$r_{10} = 5.405$	$d_{10} = 1.80$	$n_7 = 1.69680$	$v_7 = 55.5$
$r_{11} = 1.765$	$d_{11} = 可変$	$n_8 = 1.48749$	$v_8 = 70.2$
$r_{12} = 23.881$	$d_{12} = 1.80$	$n_9 = 1.51633$	$v_9 = 84.1$
$r_{13} = -23.881$	$d_{13} = 可変$		
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 2.90$		
$r_{15} = \infty$			
$r_{16} = \infty$			
$r_{17} = \infty$			
$r_{18} = \infty$			

寄与度	4.60	6.81	9.00
d_6	10.70	5.17	2.48
d_{14}	1.68	4.85	2.67
d_{16}	9.40	3.02	2.07

非球面係数

面番号	R	K	B	C	D	E	F
2	5.09215D+00	-7.98935D-01	4.47428D-05	4.78409D-06	-1.72198D-07	2.88979D-08	1.54701D-11
8	4.88959D+00	-1.45672D+00	1.50531D-03	-1.25286D-06	2.92033D-08		
15	2.38905D+01	0.00000D+00	-6.21961D-04	2.38740D-05	-1.77082D-06	-1.17389D-09	

【0101】数値実施例3は変倍比2倍、開口比2.9～4.0程度のズームレンズである。

【0102】本実施形態においては、広角端から望遠端へのズームングに際して、第1レンズ群は像側に凸状の

40 軌跡で往復移動、第2レンズ群は物体側に移動、第3レンズ群は像側に移動している。

【0103】

【表1】

表1

		下限	上限	数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3
条件式(1)	nd21	1.7		1.74330	1.73077	1.73077
条件式(2)	ν d21	35		49.3	40.5	40.5
条件式(3)	X1			3.96	0.40	3.67
	X3			1.19	0.82	1.33
	X1/X3	0.1	7.0	3.33	0.49	2.76
条件式(4)	DL1			5.29	4.59	6.95
	DL2			5.87	5.36	5.53
	DL3			1.50	1.50	1.30
	DL			40.85	32.06	30.43
	(DL1+DL2+DL3)/DL	0.25	0.5	0.31	0.36	0.45
条件式(5)	A2			0.76	0.66	0.83
	D2			5.10	4.70	4.70
	A2/D2	0.05	0.3	0.15	0.14	0.18
条件式(6)	nd11	1.7		1.80610	1.80610	-
条件式(7)	ν d11	35		40.7	40.7	-
条件式(8)	R21			4.720	4.144	4.340
	R23			4.052	4.481	5.021
	(R21-R23)/(R21+R23)	-0.1	0.1	0.076	-0.039	-0.073

【0104】以上説明した各実地形態のズームレンズによれば、

・広角端の画角を大きくしながら、高性能、コンパクト化を図れる。

【0105】・特に広角側での非点収差や歪曲収差を良好に補正することができる。

【0106】・最小のレンズ構成を取りつつ、移動するレンズ群の収差分担を減らし、製造誤差によるレンズ群相互の偏心等での性能劣化を少なくし、製造の容易なものとすることができる。

【0107】・感度の低い高画素撮像素子に好適な大口径比化を図ることができる。

【0108】・構成レンズ枚数を最小としながら、固体撮像素子を用いた撮影系に好適な良好な像側テレセントリック結像とすることができる。

【0109】・沈胴ズームレンズに要求される各レンズ群の光軸上の長さや各レンズ群のズーミング及びフォーカシングによる光軸上の移動量を短くすることができる。

【0110】・広角端のみならずズーム全域で歪曲収差を良好に補正することができる。

【0111】・像側テレセントリック結像の変倍による変動を小さくすることができる。

【0112】・テレセントリック結像を保ったまま変倍レンズ群の移動量を減らし、さらなる小型化を達成することができる。

【0113】・近距離物体へのフォーカシング機構を簡素化することができる。

といった種々の効果を得ることができる。次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルスチルカメラ（注：DSC用レンズですので、変更します。）（光学機器）の実施形態を図13を用いて説明する。

【0114】図13において、20はカメラ本体、21は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系、22はカメラ本体に内蔵されたストロボ、23は外部式ファインダー、24はシャッターボタンである。

【0115】このように本発明のズームレンズをデジタルスチルカメラ等の光学機器に適用することにより、小型で高い光学性能を有する光学機器を実現している。

【0116】以上説明したように、ズームレンズを構成する各要素を適切に設定する事により、特に、固体撮像素子を用いた撮影系に好適な、構成レンズ枚数が少なくコンパクトで、特に色収差を良好に補正した優れた光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する光学機器が達成出来る。

【0117】この他、各レンズ群中に効果的に非球面を導入する事によって軸外諸収差、特に非点収差・歪曲収差および大口径比化した際の球面収差の補正が効果的に行えるズームレンズ及びそれを有する光学機器を達成することができる。

【0118】

【発明の効果】本発明によれば構成レンズ枚数の少ない、コンパクトで、優れた光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する光学機器を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

21

- 【図1】 数値実施例1の広角端のレンズ断面図
 【図2】 数値実施例1の広角端の収差図
 【図3】 数値実施例1の中間のズーム位置の収差図
 【図4】 数値実施例1の望遠端の収差図
 【図5】 数値実施例2の広角端のレンズ断面図
 【図6】 数値実施例2の広角端の収差図
 【図7】 数値実施例2の中間のズーム位置の収差図
 【図8】 数値実施例2の望遠端の収差図
 【図9】 数値実施例3の広角端のレンズ断面図
 【図10】 数値実施例3の広角端の収差図
 【図11】 数値実施例3の中間のズーム位置の収差図
 【図12】 数値実施例3の望遠端の収差図

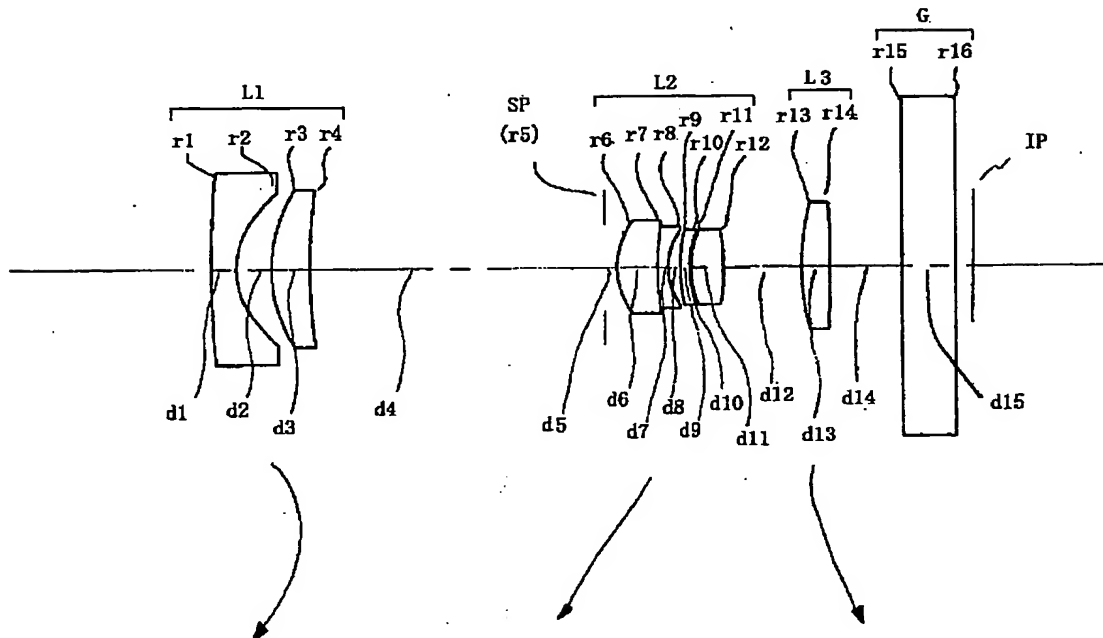
22

- 【図13】 本発明の光学機器の要部概略図

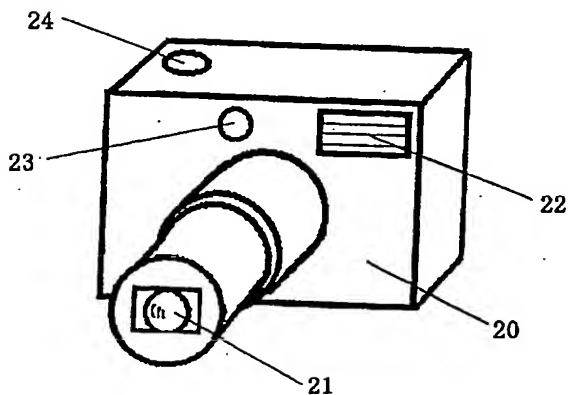
【符号の説明】

- L1 第1群
 L2 第2群
 L3 第3群
 SP 絞り
 IP 像面
 G ガラスブロック
 d d線
 g g線
 ΔS サジタル像面
 ΔM メリディオナル像面

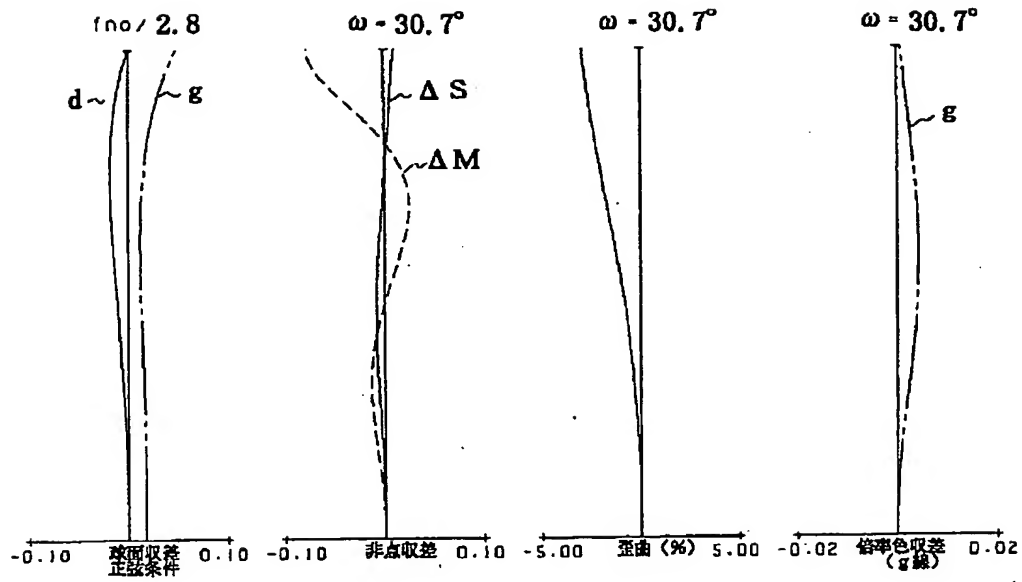
【図1】



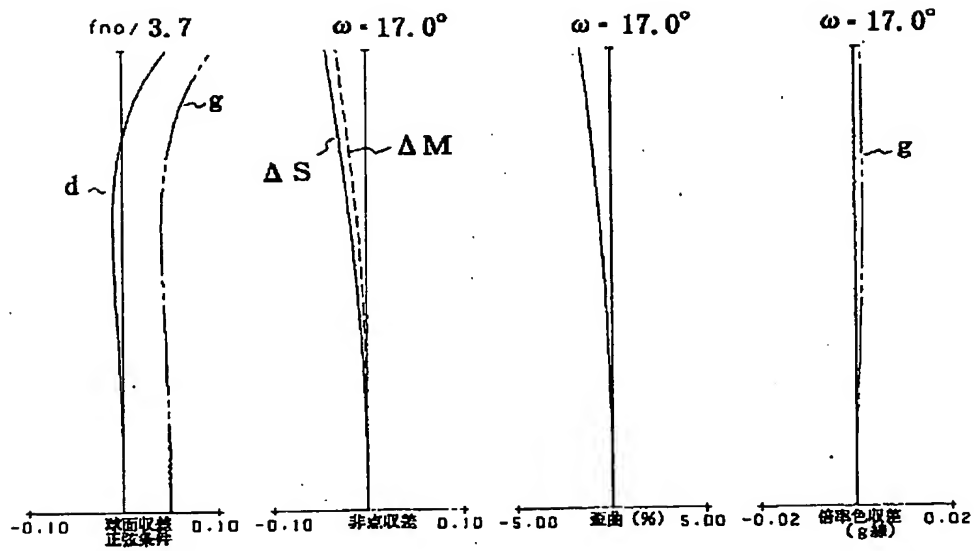
【図13】



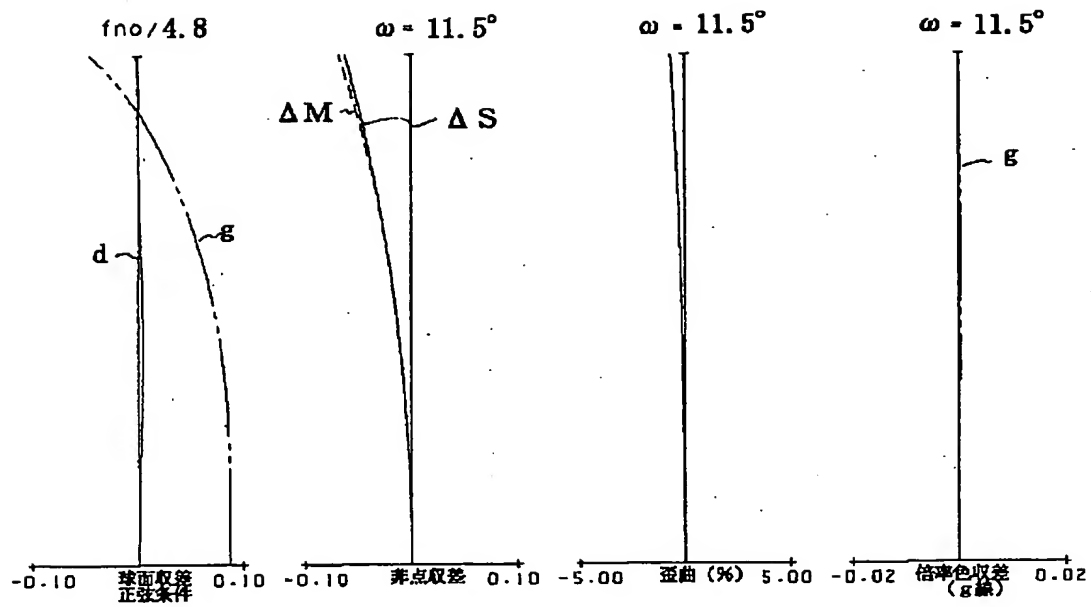
【図2】



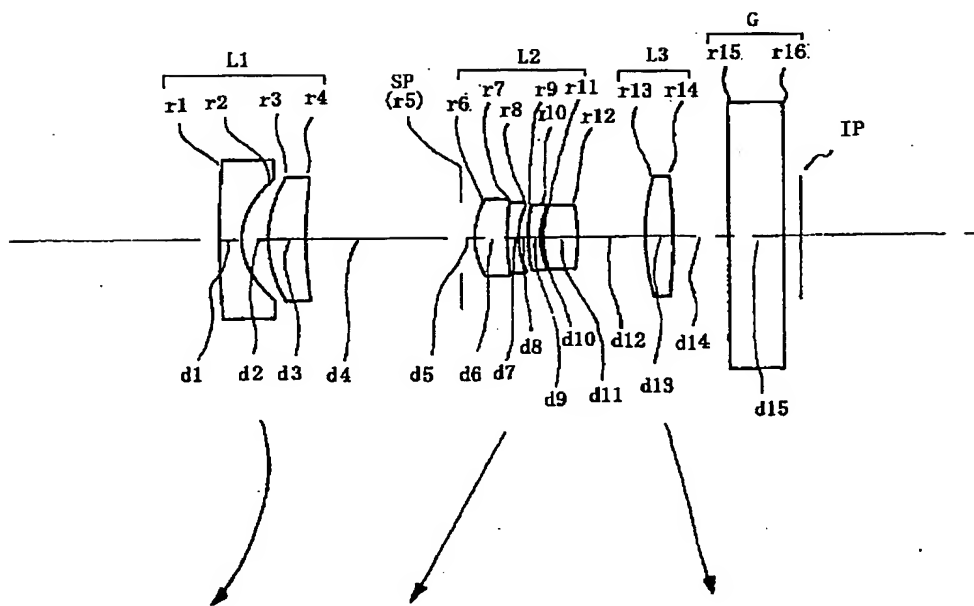
【図3】



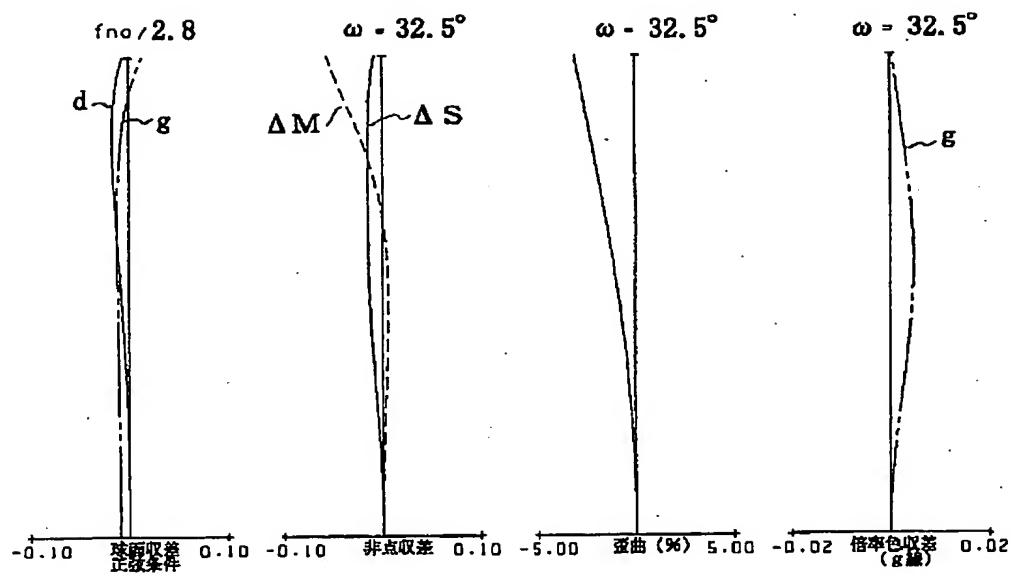
【図4】



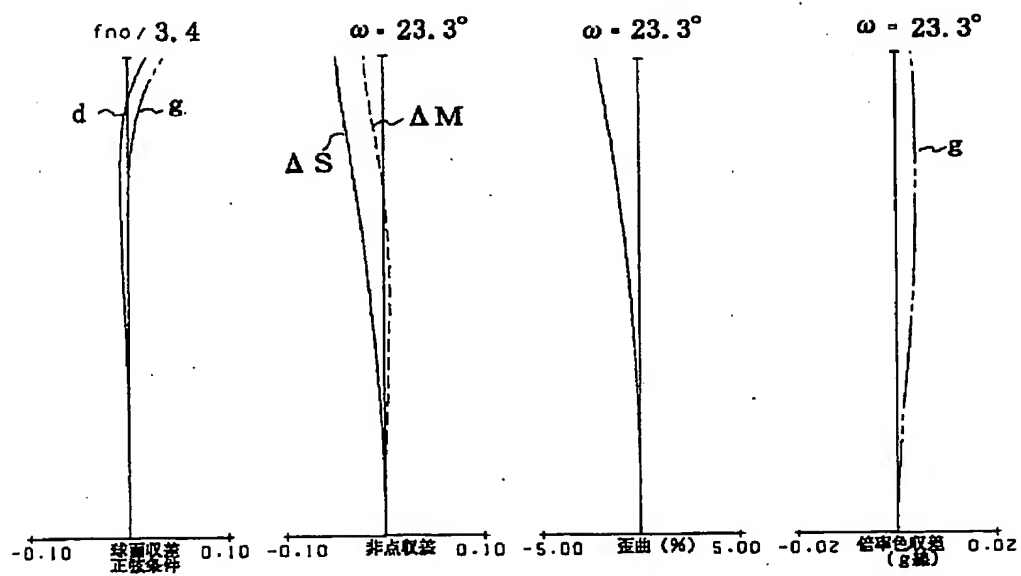
【図5】



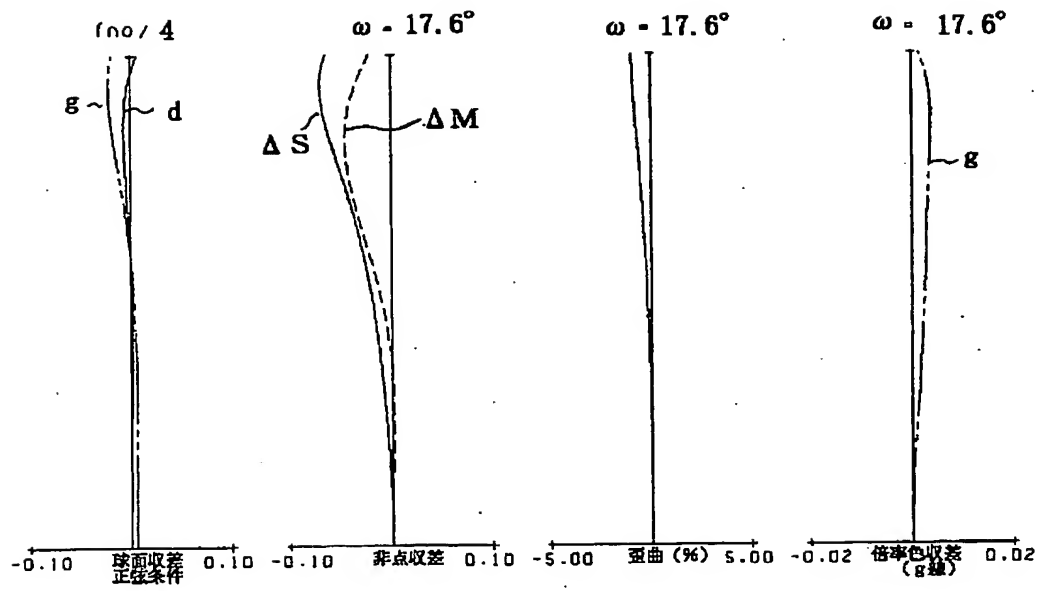
【図6】



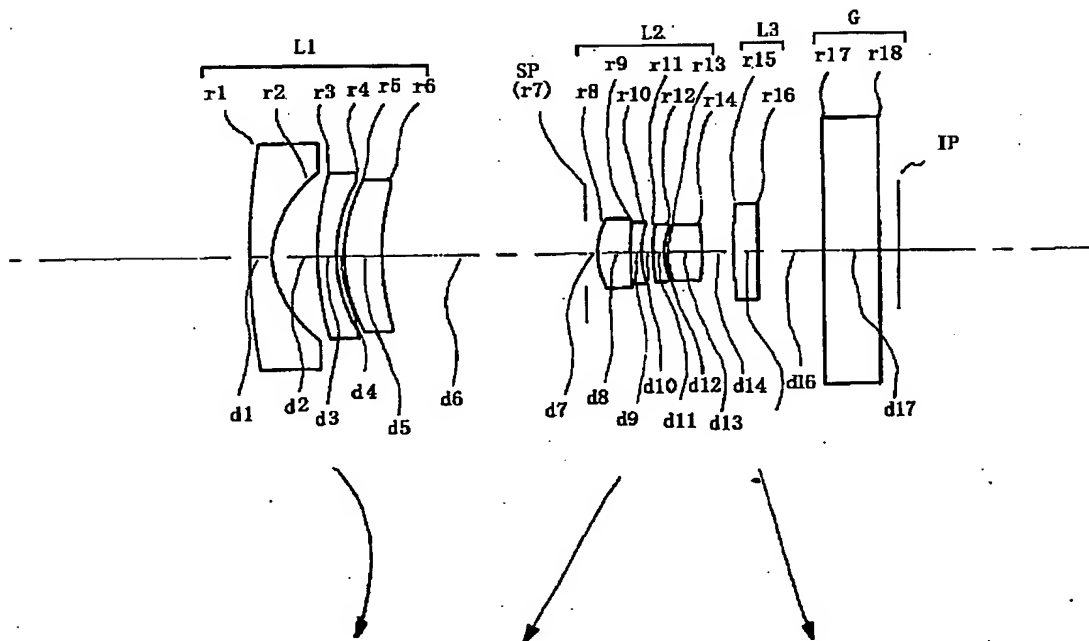
【図7】



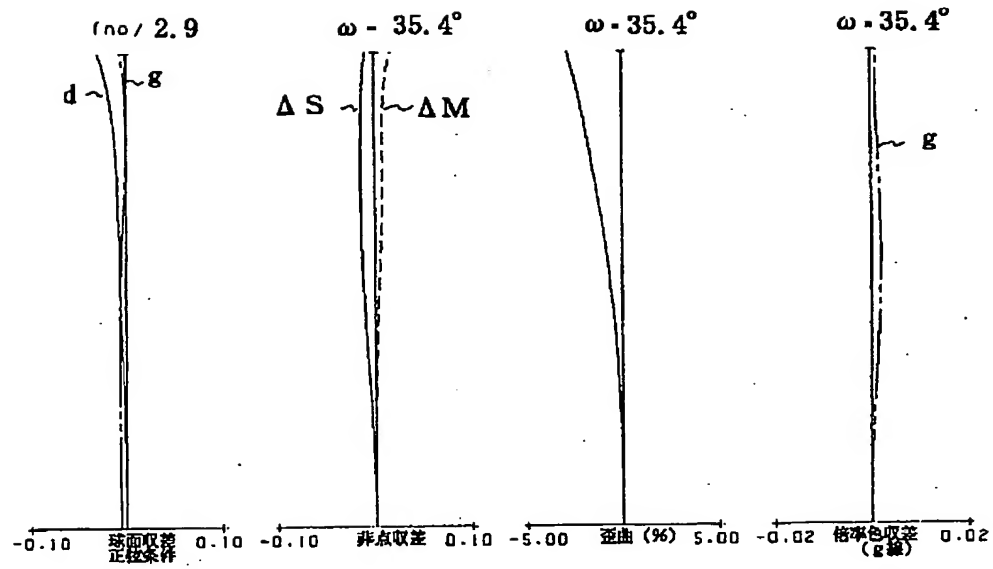
【図8】



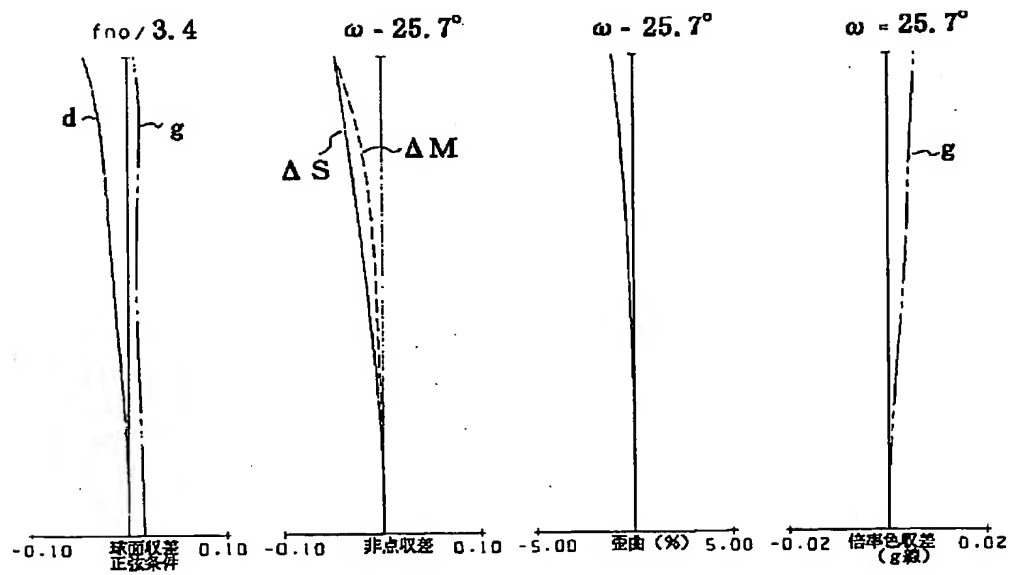
【図9】



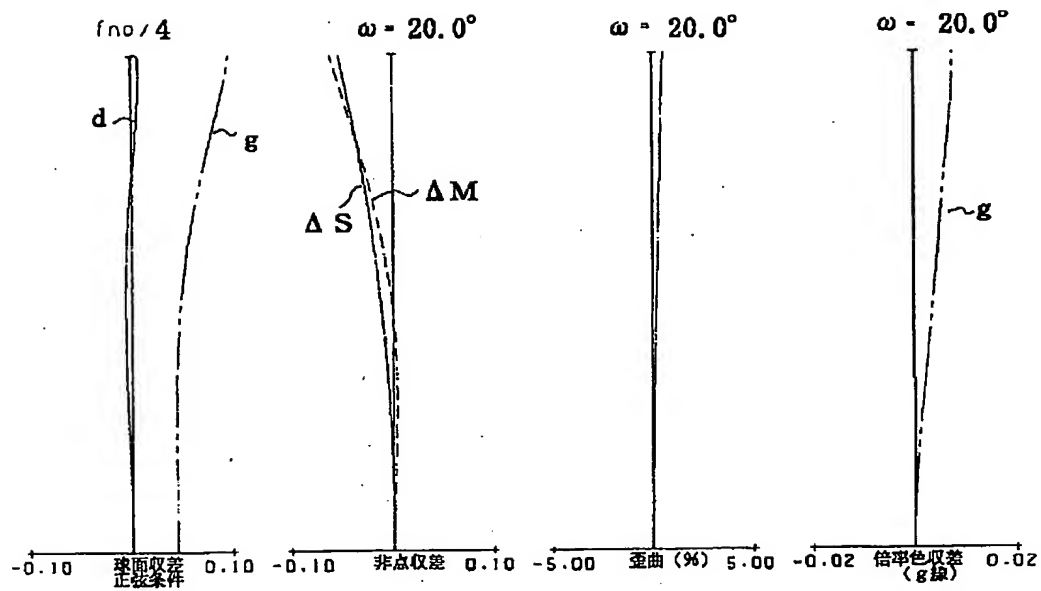
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA02 KA03 MA14 PA06 PA07
 PA18 PB07 PB08 QA02 QA07
 QA17 QA21 QA22 QA25 QA34
 QA41 QA46 RA05 RA12 RA36
 RA42 SA14 SA16 SA19 SA62
 SA63 SA64 SB03 SB04 SB15
 SB22
 2H101 BB07
 5C022 AA00 AB21 AB66 AC54